

Предварительные результаты исследования закономерностей искажения формы отраженных от плазмы зондирующих СВЧ-импульсов

Кравец Александр Сергеевич

Национальный исследовательский томский политехнический университет

Шарнин Александр Викторович

ask68@tpu.ru

Импульсная рефлектометрия плазмы (далее ИРП) широко применяется на установках термоядерного синтеза типа ТОКАМАК [1, 2]. Метод ИРП базируется на зависимости времени распространения зондирующего СВЧ-излучения от распределения плотности в плазме и частоты зондирующего излучения, а также эффекте полного внутреннего отражения волны от слоя плазмы с критической для данной длины волны плотностью. Метод ИРП обладает рядом привлекательных особенностей, к которым можно отнести высокое временное и пространственное разрешение, относительную простоту технической реализации диагностической системы, потенциальную возможность использования результатов измерений в реальном масштабе времени управления плазмой. Данный метод уже реализован в аппаратно-программных комплексах на установках, однако, количество достоверных данных по определению расстояния от стенок камеры до плазмы невелико среди общего количества данных потому как результаты прямых времяпролетных измерений импульсного радара сильно зашумлены. Это затрудняет или делает невозможным решение обратной задачи без анализа и предварительной обработки результатов измерений. Нами предполагается, что одной из основных причин появления недостоверных результатов измерений обусловлено значительными искажениями формы зондирующего импульса. В качестве основной причины искажений формы регистрируемых импульсов в данной работе рассматриваются процессы распространения зондирующего микроволнового излучения в вакуумной камере и плазме на пути от раскрыва передающей до раскрыва приемной антенн.

Искажения формы могут приводить к возникновению больших погрешностей измерения времени пролета и появлению недостоверных данных. На практике количество недостоверных данных в результатах измерений импульсного радара может существенно возрастать, что затрудняет обработку данных и решение обратной задачи – нахождение распределения плотности электронов по результатам прямых времяпролетных измерений.

Данная работа направлена на исследование причин искажения формы зондирующих импульсов, а так же на исследование способов борьбы с искажениями. Для исследований был разработан инструментарий к 3D-FDTD модели [3]. Поскольку проведение разового эксперимента на установке потребовало бы большое количество времени и средств, что делает такой подход не применимым при исследовании методом проб и ошибок. Для понимания и корректного использования результатов прямых измерений (времени пролета, формы и амплитуды детектируемого отраженного импульса) моделировались различные ситуации размещения и параметров приемной антенны, при измерении распределений плотности электронов в плазме.

В качестве одного из направлений поиска было выбрано исследование принципиальной возможности нахождения оптимального положения детектора [4]. Под оптимальным положением в данном случае понимается такое положение детектора, которое обеспечило бы максимальную схожесть форм детектируемого и излучаемого сигнала, т.е. свести искажения к минимуму. Для этого был произведен анализ результатов поиска времени пролета по различным пространственным положениям детектора. Работа по данному направлению позволила выявить возможность увеличения количества достоверных данных путем наращивания количества детекторов. Для этого был произведен анализ результатов поиска времени пролета по различным пространственным положениям детектора.

Данная работа позволила выявить несколько интересных особенностей, позволяющих объяснить возможные причины появления искажений форм импульсных сигналов, а также наметить некоторые предварительные возможности повышения достоверности результатов измерений путем изменения положения и количества детекторов. На основе полученных результатов наметен подход к распознаванию недостоверных результатов измерения в результатах прямых времяпролетных измерений импульсного рефлектометра, осуществлена первая попытка алгоритмизации синтезированного подхода и автоматизации процесса определения промахов. В перспективе работа по данному направлению может повысить степень достоверности определенного положения плазмы с помощью метода ИРП, а так же увеличить надежность и отказоустойчивость метода, что позволило бы широко применять метод.

Список публикаций:

- [1] Shevchenko V.F., Petrov A.A., Petrov V.G. // *International J. of infrared and millimeter waves*. 1993. T.14. №9. C.1755-1768.
- [2] Hugenholtz C. A. J., S. H. Heijnen // *EOM-Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen*, 1990.
- [3] Taflov A., Hagness S. *Computational electrodynamics: the finite-difference time-domain method*, 3rd ed./ «Artech House, Inc.», 2005. – 1037 p.
- [4] Мелешко Е.А. *Наносекундная электроника в экспериментальной физике*. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.